

## 学位論文内容の要旨

Detection of pure ground-glass nodules in the lung by low-dose multi-detector computed tomography, with use of an iterative reconstruction method: a comparison with conventional image reconstruction by the filtered back-projection method

(逐次近似再構成法を用いた低線量 MDCT による肺内すりガラス結節の検出  
～従来のフィルタ補正逆投影法による画像再構成法との比較～)

Shiho Akashita

赤下 志保

Radiology

Yokohama City University Graduate School of Medicine  
横浜市立大学 大学院医学研究科 医科学専攻 放射線医学

( Doctoral Supervisor : Tomio Inoue, Professor )

( 指導教員:井上 登美夫 教授 )

## 学位論文内容の要旨

Detection of pure ground-glass nodules in the lung by low-dose multi-detector computed tomography, with use of an iterative reconstruction method: a comparison with conventional image reconstruction by the filtered back-projection method

(逐次近似再構成法を用いた低線量 MDCT による肺内すりガラス結節の検出  
～従来のフィルタ補正逆投影法による画像再構成法との比較～)

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11604-014-0384-z>

### 1. 序論

2010 年, 米国大規模肺がん検診の臨床試験の結果から, 低線量 CT 検診群は、胸部 X 線検診群より, 死亡率を 20%も減じた事が明らかになった( Aberle et al, 2011).

日本でも今後、肺がん検診の低線量 CT への移行が予想される. 近年, 逐次近似再構成法 iterative reconstruction(IR)という新技術により, 被検者の被ばく的大幅な減少が可能となっている(Yu et al, 2009; Yamada et al, 2012; Tomozawa et al, 2012; Juri et al, 2013).

今回我々は, ファントムを用い, 16 列及び 64 列 MDCT の様々な撮影条件下の CT 画像の読影実験を行い、従来のフィルタ補正逆投影法 filtered back projection(FBP)と, 逐次近似再構成法の一つの Adaptive Iterative Dose Reduction 3D(AIDR 3D)の, 2 つの画像再構成法について, その検出能と, 被ばく線量を比較検討した.

### 2. 実験材料と方法

右肺の上, 中, 下肺野に模擬病変を大きい順(直径 12, 10, 8, 6, 4mm)に5つ並べたファントムを用い, 16 列, 64 列 MDCT において, 各々9通りの撮影条件を設定し, FBP, AIDR 3D の2通りの画像再構成法を用いて撮像した合計 36 通りの画像について, 8名の診断医により読影実験を行った.

設定上, 各病変は、円形の pure ground-glass nodule (pure GGN, すりガラス結節)として描出され, 最初にコントロール画像で, 結節の大きさ, 位置を把握した上で, ランダムに提供された画像の各結節について, その見え方を, 1;指摘できない, 2;1～49%辺縁が見える, 3;50%辺縁が見える,

4:51～99%辺縁が見える, 5:100%見える, の5段階評価とし, FBPとAIDR 3Dにおける, 8人の評価の平均値(検出能)と, 被ばく線量(結節の検出に要する最少線量)を比較検討した. 評価対象は, 6, 8, 10mmの大きさの結節とした.

### 3. 結果

#### 大きさ別の評価

16列では, 今回の条件では, 上肺野で6mmの結節を検出できなかった. その他は検出可能で, AIDR 3Dで, より高い検出能であった. 6mmの中・下肺野と, 10mmの上肺野のみ, 両方法の検出能に, 有意差がみられた.

64列では大きさや位置に関わらず, 検出可能(6mmの上肺野はAIDR 3Dでのみ検出可能)で, AIDR 3Dで, より高い検出能であり, 6mmの下肺野以外の全てに, 有意差がみられた.

16列, 64列いずれも, 検出に要する最少線量(評価の平均値が2以上となる最少線量)は, 小さく, 上肺野ほど, 高線量である傾向がみられた.

6mmでは位置に関わらず, FBPよりAIDR 3Dで必要線量が低減されていた. 8mm, 10mmでは上肺野のみAIDR 3Dで低減されていた.

#### 全体としての評価

16列, 64列の各機種における全体としての検出能を調べるため, 設定条件の最少, 中間, 最大線量における6, 8, 10mmの各結節の評価全てを平均化して, 比較検討した.

いずれも, 同線量では, AIDR 3Dで, より高い検出能が確認された. また, 最少線量では, FBPでは結節を検出できなかったが, AIDR 3Dでは検出できた. 中間線量, 最大線量ではいずれの再構成法でも検出できた.

16列では, 最少線量においてのみ両者の検出能に有意差がみられた. 64列では, 線量に関係なく, 有意差が得られた.

### 4. 考察

2010年の米国大規模肺がん検診の臨床試験の結果から, 低線量MDCTの有用性が明らかになった. 過去, Imanishi et al. (2005)およびRiley K (2009)により, MDCTによる放射線の過剰被ばくによる脱毛症が報告されて以降, 被ばく低減のために, Image based filter technique, auto exposure control (AEC), などの様々な技術が開発されてきた(Kubo et al, 2008; Yu et al, 2009; Matsumoto et al, 2011).

近年、逐次近似再構成法(IR)という新技術により、被検者の被ばくの大幅な減少が可能となり、今回我々は、肺がん検診におけるその有用性を調査するために、ファントムを用い、現状の普及機である 16 列及び 64 列 MDCT の様々な撮影条件下の CT 画像の読影実験を行い、FBP と、IR の一つである AIDR 3D の、2 つの画像再構成法について、その検出能と、被ばく線量を比較検討した。

肺がん CT 検診上 5mm 以上の病変を検出する必要があり、今回の模擬病変の大きさの設定上、必須と思われる、6mm の結節を検出可能な最少の実効線量を求め、FBP と AIDR 3D について、その検出能を比較検討した。

更に、10mm は生検等による結節の質的診断の基準値であり、8mm はこれらの中間値として、同様に比較検討した。

16 列、64 列いずれも、同線量では、AIDR 3D で、より高い検出能が確認された。両者の有意差は、16 列では限定的であったが、64 列では一部を除いて、大きさや位置に関わらず、ほぼ全般に有意差が見られた。

16 列では、今回の条件では、上肺野で 6mm の結節を検出できなかった。64 列では AIDR 3D において検出可能であった。

検出に要する最少線量(評価の平均値が 2 以上となる最少線量)は、小さく、上肺野ほど、高線量である傾向がみられた。上肺野は、肺尖部の肋骨によるアーチファクトが検出に影響していると思われる。

16 列、64 列の各機種における全体としての検出能も、AIDR 3D で、より高い検出能が確認された。最少線量では、FBP では結節を検出できなかったが、AIDR 3D では検出できた。16 列では、最少線量においてのみ両者の検出能に有意差がみられた。64 列では、線量に関係なく、有意差が得られた。

つまり、64 列 MDCT では、いずれの条件下でも IR 法を用いた再構成の方が、従来法の FBP と比べて、検出能が良好であり、16 列 MDCT でも、一定の条件下で同様の結果であり、ファントム実験において、IR 法が、pure GGN(すりガラス結節)の検出能向上に寄与することが示された、という事が言える。

ただし、実際の人の肺がんスクリーニングでは、1) 結節病変の多様性、2) 背景肺の状態、3) 胸郭の状態、4) 心拍数など、ファントム実験では解決できない問題が多々あり、それに適した CT の撮影条件を決めるには、更なる臨床研究が必要である。

## 引用文献

Aberle, D.R., Adams, A.M., Berg, C.D., Black, W.C., Clapp, J.D., Fagerstrom, R.M., Gareen, I.F., Gatsonis, C., Marcus, P.M., and Sicks, J.D. (2011), Reduces lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening, *N Engl J Med*, 365, 395–409.

Imanishi, Y., Fukui, A., Niimi, H., Itho, D., Nozaki, K., Nakaji, S., Ishizuka, K., Tabata, H., Furuya, Y., Uzura, M., Takahama, H., Hashizume, S., Arima, S., and Nakajima, Y. (2005), Radiation-induced temporary hair loss as a radiation damage only occurring in patients who had the combination of MDCT and DSA, *Eur Radiol*, 15, 41–6.

Juri, H., Matsuki, M., Itou, Y., Inada, Y., Nakai, G., Azuma, H., and Narumi, Y. (2013), Initial experience with adaptive iterative dose reduction 3D to reduce radiation dose in computed tomographic urography, *J Comput Assist Tomogr*, 37, 52–7.

Kubo, T., Ohno, Y., Gautam, S., Lin, P.P., Kauczor, H., and Hatabu, H. (2008), Use of 3D adaptive raw-data filter in CT of the lung: effect on radiation dose reduction, *AJR*, 191, W167–74.

Matsumoto, K., Ohno, Y., Koyam, H., Kono, A., Inokawa, H., Onishi, Y., Nogami, M., Takenaka, D., Araki, T., and Sugimura, K. (2011), 3D automatic exposure control for 64-detector row CT: Radiation dose reduction in chest phantom study, *Eur J Radiol*, 77, 522–7.

Riley, K. (2009), FDA Makes Interim Recommendations to Address Concern of Excess Radiation Exposure during CT Perfusion Imaging [U.S. Food and Drug Administration Web site], Dec 7, 2009, available at: <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm193190.htm>

Tomizawa, N., Nojo, T., Akahane, M., Torigoe, R., Kiryu, S., and Ohtomo, K. (2012), Adaptive iterative dose reduction in coronary CT angiography using 320-row CT: assessment of radiation dose reduction and image quality, *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 6, 318–24.

Yamada, Y., Jinzaki, M., Hosokawa, T., Tanami, Y., Sugiura, H., Abe, T., and Kuribayashi, S. (2012), Dose reduction in chest CT: comparison of the adaptive iterative dose reduction 3D, adaptive iterative dose reduction, and filtered back projection reconstruction techniques, *Eur J Radiol*, 81, 4185–95.

Yu, L., Liu, X., Leng, S., Kofler, J.M., Ramirez-Giraldo, J.C., Qu, M., Christner, J., Fletcher,

J.G., and Mccollough, C.H. (2009), Radiation dose reduction in Computed tomography: techniques and future perspective, *Imaging Med* , 1, 65–84.

## 論文目録

### I 主論文

Detection of pure ground-glass nodules in the lung by low-dose multi-detector computed tomography with use of an iterative reconstruction method: a comparison with conventional image reconstruction by the filtered back-projection method

Shiho Akashita, Yasuhiko Tachibana, Kentaro Kanemaki, Keiji Sogawa, Tomio Inoue : Japanese

Journal of Radiology, Vol.33, No.3, Page113-121, March 2015.